

## ⑫ 公開特許公報(A)

平3-79057

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup> 識別記号 庁内整理番号  
 H 01 L 21/66 T 7013-5F  
 G 01 K 7/00 3 8 1 L 7409-2F  
 // H 01 L 21/26 L 7738-5F

⑬ 公開 平成3年(1991)4月4日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全3頁)

⑭ 発明の名称 ウェハ面内温度分布の評価方法

⑯ 特 願 平1-216745

⑰ 出 願 平1(1989)8月22日

⑱ 発 明 者 大 西 茂 夫 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シヤープ株式会社  
内

⑲ 出 願 人 シヤープ株式会社 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

⑳ 代 理 人 弁理士 杉山 毅 至 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

ウェハ面内温度分布の評価方法

## 2. 特許請求の範囲

1.  $Si^{+} + B^{+}$  注入を行ったウェハを熱処理し、シート抵抗のアーレニウス・プロットをとり、その直線の傾き及びウェハ面内のシート抵抗分布より、ウェハ面内の温度分布を評価することを特徴とする、ウェハ面内温度分布の評価方法。

## 3. 発明の詳細な説明

## &lt;産業上の利用分野&gt;

本発明は、ウェハ面内の温度分布の評価方法に関するものである。

## &lt;従来の技術、発明が解決しようとする課題&gt;

最近、ランプ照射により短時間でウェハを加熱するRTA(Rapid Thermal Anneal)技術が活発に開発されている。しかし、熱的に非平衡な状態になっている為に、ウェハ面内の温度分布が大きくなる。その為、ウェハ面内の温度分布を評価する技術が必要になる。900~1200℃の高温領

域の場合、ウェハを酸化し、酸化膜厚の分布より、ウェハ面内の温度分布の評価が可能になる。しかし、400~600℃の低温領域での温度分布を評価する方法は、今まで見いだされていなかった。

本発明は、上記低温領域に於けるウェハ面内温度分布の評価方法を提供するものである。

## &lt;課題を解決するための手段&gt;

$Si$  ウェハに  $Si^{+}$  イオン注入を行い、ウェハ表面をアモルファス化すると、固相エピタキシャル成長により結晶性が回復するために、 $B^{+}$  イオン等が低温で活性化することが知られている。

今回、 $Si^{+} + B^{+}$  注入を行ったウェハを熱処理し、シート抵抗のアーレニウス・プロットをとれば、良い直線性が得られ、その傾き及びウェハ面内のシート抵抗分布より、ウェハ面内の温度分布を評価することが可能になった。

統計熱力学によれば、ある物理量A(今回の場合は、シート抵抗)は、アーレニウスの式

$$A = A_0 \exp\left(-\frac{E_a}{KT}\right) \quad \dots\dots ①$$

R-4

$$\begin{pmatrix} E_a \cdots \text{活性化エネルギー} \\ K \cdots \text{ボルツマン定数} \\ T \cdots \text{絶対温度} \end{pmatrix}$$

に従う。

①式の数値をとると、

$$\log A = -\frac{E_a}{KT} + \log A_0 \quad \cdots \cdots \textcircled{2}$$

となる。

すなわち、 $\log A$ と $\frac{1}{T}$ のプロットを通常アーレニウス・プロットと呼び、その直線の傾きから活性化エネルギー $E_a$ が求まる。

$\log A = -\frac{E_a}{KT} + \log A_0$ の関係で、直線の傾き $(-\frac{E_a}{K})$ および切片 $\log A_0$ が求まれば、 $A$ と $T$ との関係は自動的に算出できる。

<実施例>

以下に、具体的実施例について説明する。

Siウェハを酸化後(酸化膜厚: 200 Å)、 $Si^+$ 注入(48 KeV,  $3 \times 10^{15}$  ions/cm<sup>2</sup>)し、ひき続き、 $B^+$ 注入(20 KeV,  $3 \times 10^{15}$  ions/cm<sup>2</sup>)を行った。なお、注入エネルギーは可変であるが、SiとBのRp(飛程距離)を同じにすることが

れるが、第3図に示すように、シート抵抗値( $P_s$ )は時間に対してもある一定の変化が見られる。すなわち、図中で点線Aの時間よりも点線Cの短時間処理の方が、より高い温度で $P_s$ が飽和する。すなわち、処理時間を変えることにより、評価可能領域が多少ずれることになる。

<発明の効果>

以上詳細に説明したように、本発明によれば、低温領域に於けるウェハ面内温度分布の評価が可能となるものであり、極めて有用な発明である。

#### 4. 図面の簡単な説明

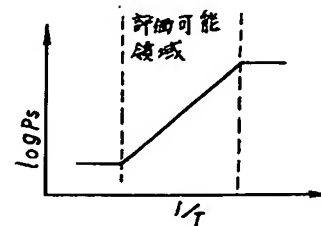
第1図はシート抵抗値のアーレニウス・プロットを示す図、第2図及び第3図は本発明に係る評価可能温度領域の説明に供する図である。

代理人 弁理士 杉 山 毅 至(他1名)

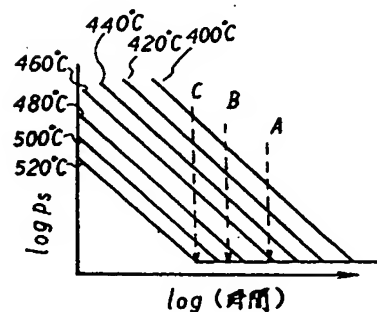
望ましい。また、注入量は $1 \times 10^{15}$  ions/cm<sup>2</sup>以上が必要になる。

第1図に、上記 $Si^+ + B^+$ 注入を行ったウェハの熱処理後のシート抵抗値のアーレニウス・プロットを示す。電気炉アニール(a)及びRTA(b)共に、良い直線性が得られ、その活性化エネルギー $E_a = 1.9$  eVは、固相エピタキシャル成長の活性化エネルギーと良い対応が得られている。直線の傾き及びシート抵抗のウェハ面内分布より、ウェハ面内の温度分布の評価を行った。電気炉アニールの場合、熱平衡状態にある為に、面内温度分布は $\pm 1^\circ C$ (1%)である。一方、RTAの場合、 $\pm 8^\circ C$ (1%)の温度分布が見られた。

なお、今回の例では、RTAで440~520°Cの温度領域でのみしか温度分布の評価ができないが、アニール時間を変えることにより、直線が左右にシフトする為、結果として400~600°Cの温度領域で温度分布の評価が可能になる。第2図に示すように、温度分布が評価できる領域は直線が傾斜している領域であり、温度領域は限定さ



第2図



第3図

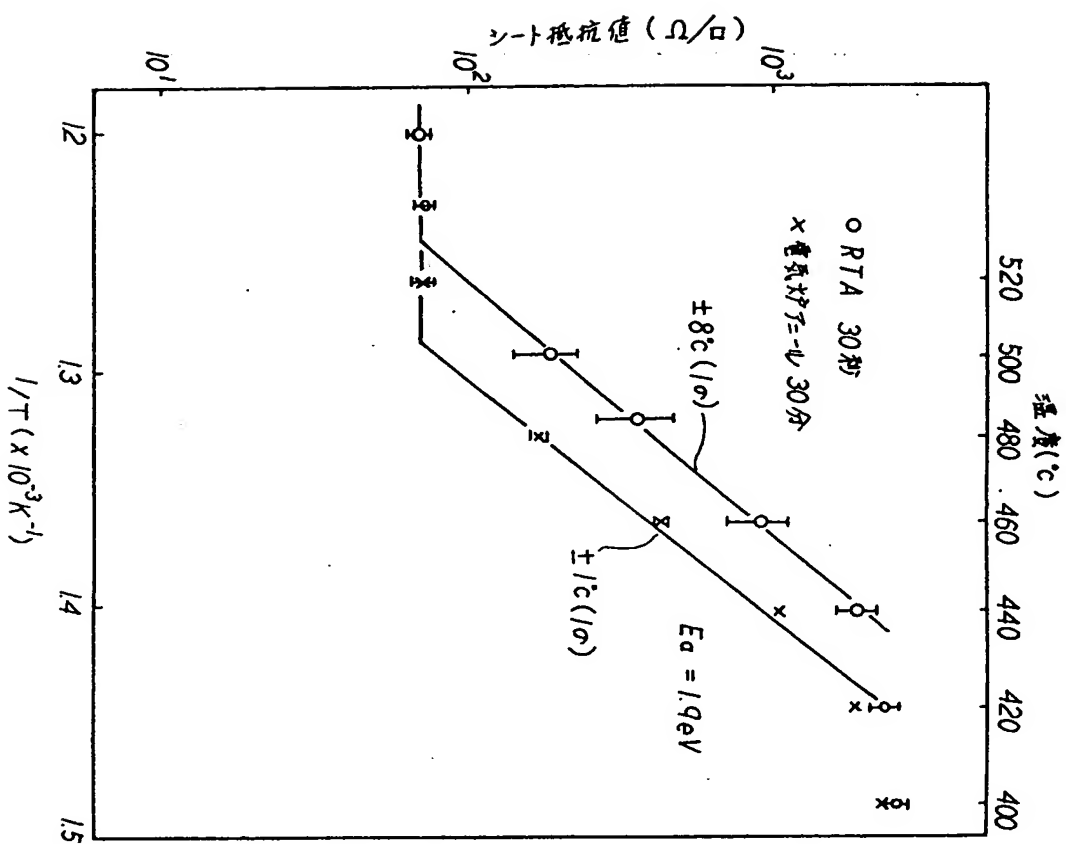


図 1

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-248264

(43) 公開日 平成7年(1995)9月26日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 K 7/16		Z		
H 0 1 L 21/265				
// H 0 1 L 21/22	5 0 1 N			
21/66	Z	7630-4M		
			H 0 1 L 21/265	A
			審査請求 有	請求項の数12 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-275106

(22) 出願日 平成6年(1994)11月9日

(31) 優先権主張番号 1 4 9 6 0 0

(32) 優先日 1993年11月9日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390039147

ヒューズ・エアクラフト・カンパニー

HUGHES AIRCRAFT COMPANY

アメリカ合衆国、カリフォルニア州

90045-0066, ロサンゼルス, ヒューズ・テラス 7200

(72) 発明者 ワーレン・エフ・マッカーサー

アメリカ合衆国、カリフォルニア州

92075, ソラナ・ビーチ, ノース・シエラ 119

(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

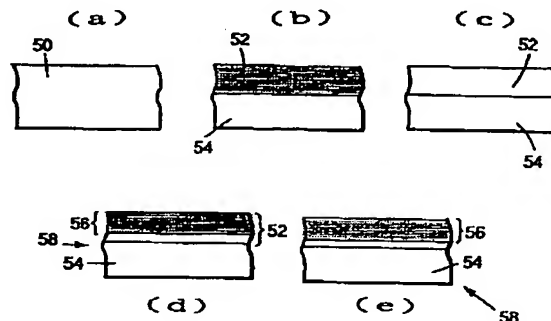
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 イオン注入ウェハを使用した温度測定方法および装置

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、半導体装置等の被測定物を汚染することなく局所的な表面温度を測定することのできる表面温度測定方法を提供することを目的とする。

【構成】 最初のウェハ50を設け(工程a)、イオン粒子により第1の注入量で最初のウェハに第1のイオン注入を行い表面層52を形成し(工程b)、アニール温度でイオン注入された最初のウェハをアニールし(工程c)、前の注入で使用されたものと同じイオン粒子により第1の注入量より低い第2の注入量で第2のイオン注入を行って前の層52より薄い第2の表面層56を形成し(工程d)、試験ウェハ58を形成し、未知の温度にこの試験ウェハ58を加熱し(工程e)、試験ウェハ58の表面電気比抵抗を測定して測定された表面電気比抵抗から未知の温度の値を決定することを特徴とする。



5-1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 短距離の不安定な欠陥構造を有する試験ウェハと、

試験ウェハの表面電気比抵抗の、それが加熱される温度の関数としての較正関係とを有している試験温度を測定する試験キット。

【請求項2】 試験ウェハは、

最初のウェハを設け、

第1のイオン粒子により第1の注入量で最初のウェハに第1のドーパを行い、

第1のドーパされた最初のウェハをアニールし、

アニールされたウェハに第1の注入量より低い第2の注入量の第2のイオン粒子をイオン注入することによってアニールされたウェハに第2のドーパを行うステップによって処理される請求項1記載の試験キット。

【請求項3】 第1のドーパを行うステップは第1のエネルギーで第1のイオン注入を行うステップを含み、第2のドーパを行うステップは第2のエネルギーで第2のイオン注入を行うステップを含み、第2のエネルギーは第1のエネルギーより低い請求項2記載の試験キット。

【請求項4】 第2の注入量は、第1の注入量より大きさを約2桁以上小さい請求項2記載の試験キット。

【請求項5】 最初のウェハは第1の導電型のドーパントでドーパされたバルクであり、第1のイオン粒子および第2のイオン粒子は第1の導電型のドーパントと反対の導電型のドーパントである請求項2記載の試験キット。

【請求項6】 最初のウェハを設け、

イオン粒子により第1の注入量で最初のウェハに第1のイオン注入を行い、

アニール温度でイオン注入された最初のウェハをアニールし、

第1の注入量で使用されたものと同じイオン粒子によって第1の注入量より低い第2の注入量でアニールされたウェハに第2のイオン注入を行って試験ウェハを形成し、

未知の温度にこの試験ウェハを加熱し、

試験ウェハの表面電気比抵抗を測定し、

測定された表面電気比抵抗から未知の温度の値を決定するステップを含んでいることを特徴とする未知の温度の値の測定方法。

【請求項7】 最初のウェハは第1の導電型のドーパントによりドーパされ、イオン粒子は反対の導電型のドーパントである請求項6記載の方法。

【請求項8】 第1のイオン注入を行うステップは第1のエネルギーで第1のイオン注入を実施するステップを含み、第2のイオン注入を実施するステップは第2のエネルギーで第2のイオン注入を行うステップを含み、第2のエネルギーは第1のエネルギーより小さい請求項6記載の方法。

【請求項9】 第2の注入量は第1の注入量より大きさを約2桁以上小さい請求項6記載の方法。

【請求項10】 イオン粒子はp型ドーパントである請求項6記載の方法。

【請求項11】 イオン粒子はn型ドーパントである請求項6記載の方法。

【請求項12】 未知の温度値を決定するステップは、

試験ウェハと同じ一連のウェハを処理し、

一連の既知の温度に一連のウェハを加熱し、

10 一連のウェハの表面電気比抵抗を測定し、

一連のウェハの表面電気比抵抗とそれらの各既知の温度との間の較正関係を形成するステップを含んでいる請求項6記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は温度の測定、特に表面温度を決定する方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】物品が処理中に加熱される温度は、最終的な処理結果および成功において重要な要因であることが多い。例えば、マイクロ電子装置が処理された場合、アニール、制御された内部拡散およびその他の理由のためにしばしば多様な加熱処理が行われる。最終的な装置の特性は、しばしば種々の加熱処理中に達した温度に依存する。通常、所望の温度に達するように、加熱装置の制御には多大な注意が払われる。しかしながら、実際に到達される温度は、それが実際に測定されなければ確実に分らない。これは装置の故障、加熱された領域内の内部変化等があるためである。

30 【0003】

【発明が解決しようとする課題】温度は多種の技術によって測定される。温度計、熱電対、高温計、温度ストリップおよび温度マーキングクレヨン等の最も良く知られている技術の多くは、マイクロ電子装置処理で達した処理温度を測定するのに適さない。いくつかの例において、装置は非常に小さいため、通常の測定装置の寸法が大き過ぎて、処理される装置の局所的な温度を測定することができない。別の例では、装置の表面はプラズマ加熱等によって優先的に加熱される。表面は優先的に加熱されるため、通常の温度測定方法はこの方法で加熱される装置の局所的な表面温度を測定するのにあまり適さない。温度マーキングクレヨンは敏感な半導体装置の表面を汚染する可能性があり、したがってこのような適用において使用されることはできない。処理中の物品の温度、特に表面加熱技術によって実現された表面温度を測定する改良された方法が必要とされている。本発明はこのニーズを満たし、さらに関連した利点を提供する。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は、試験ウェハの欠陥状態時の温度の影響に基づいて温度を測定する方法

を提供する。この技術は特にマイクロ電子装置の処理中に到達した温度の測定を行うのに適している。この技術は、処理されるマイクロ電子装置構造またはマイクロ電子装置構造と共に処理される分離したウェハ上の温度測定領域として直接的に実施されることができる。この技術は、バルク加熱処理中に達せられた温度またはプラズマ加熱等の表面処理中に到達された表面温度を感知するために使用されてもよい。本発明によると、未知の試験温度の値を測定する方法は、短距離の不安定な欠陥構造を有するドーパされた試験ウェハを設けるステップを含んでいる。この方法はさらに、未知の温度に試験ウェハを加熱し、試験ウェハの表面電気比抵抗を測定し、および測定された表面電気比抵抗から未知の温度値を決定するステップを含んでいる。試験ウェハを処理する1つの好ましい方法において、初期の単結晶ウェハを設け、第1の注入量の第1のイオン（ドーピング）粒子で最初のウェハに第1のドーピングを行い、第1のドーピングが格子に対して損傷を与えた場合には第1のドーパされた最初のウェハをアニールし、第1の注入量より低い第2の注入量の第2のイオン粒子でアニールされたウェハをイオン注入することによってアニールされたウェハに第2のドーピングを行う。試験ウェハは未知の温度が測定される装置の物理的に一部分であり、或はそれは分離した部分であってもよい。好ましい実施例において、試験ウェハは、単一の結晶材料から形成された最初のウェハを設け、第1の注入量のイオン粒子で最初のウェハに第1のイオン注入を行い、アニール温度でイオン注入された最初のウェハをアニールし、第1の注入量で使用されたものと同じイオン粒子を第2の注入量でアニールされたウェハに第2のイオン注入を行って、試験ウェハを形成することによって処理されることが望ましい。第2の注入量は第1の注入量より低い量であり、低い注入エネルギーである。この好ましい方法において、最初のウェハは1つのドーパント導電型（すなわちp型またはn型）の一般的なバルクドーパレベルでドーパされ、イオン注入された粒子は表面層において注入される反対のドーパント型である。第1のイオン注入は、深い注入を達成するために第2のイオン注入より高い注入電圧であることが好ましい。第2のイオン注入はかなり低い量であることが好ましく、第1のイオン注入より大きさを2桁以上低いことが非常に好ましい。イオン注入は、イオンビームまたはプラズマ或はその他の動作可能な技術によって行われてもよい。未知の温度の値は、通常較正方法を使用することによって決定される。この較正工程は、試験ウェハと同じ一連のウェハを処理し、一連の既知の温度に一連のウェハを加熱し、一連のウェハの表面電気比抵抗を測定し、一連のウェハの表面電気比抵抗とそれらの各既知の温度との間の較正関係を形成することが好ましい。較正関係が判明すると、未知の温度の値は、試験ウェハの利用者によって試験ウェハの測定された表面電気比抵

抗と較正関係から発見される。

【0005】本発明は、未知の温度が決定されることができる試験キットにも拡張される。このようなキットは、最初のウェハを設け、第1の注入量のイオン粒子で最初のウェハに第1のイオン注入を行い、イオン注入された最初のウェハをアニールし、第1の注入量より低い第2の注入量の、第1のイオン注入で使用されたものと同じイオン粒子を第2の注入量でアニールされたウェハに第2のイオン注入を行う試験ウェハ形成ステップによって処理された試験ウェハを含んでいる。試験キットは、さらにそれが加熱される温度の関数として試験ウェハの表面電気比抵抗の較正関係を含んでいる。較正関係は、前に説明された方法を使用するキットの提供者によって処理される。本発明は、バルク温度でなく表面温度を測定するのに適した温度測定技術および装置を提供する。後者の役割において、この方法は直接的で高度に局部化され、そうでなければ満たされることができない測定に対するニーズを満足させる。本発明の別の特徴および利点は、以下の好ましい実施例のさらに詳細な説明および本発明の原理を示した添付図面から明らかになるであろう。

#### 【0006】

【実施例】図1は、本発明の処理工程を示したフロー図である。図2および図3は、図1のステップに対する好ましい方法を実行するためのフロー図である。図4のa乃至eは、処理および使用の種々の段階における試験ウェハを概略的に示す。

【0007】図1を参照すると、20において試験ウェハが最初に準備される。試験ウェハは既知の電気表面層比抵抗を有しているか、或はその表面層比抵抗は以下に説明する技術を使用して測定されることができる。試験ウェハを処理するための好ましい工程は、図2に示されている。最初のウェハ50（図4のa）が30において最初に提供される。最初のウェハ50は、n型またはp型ドーパントのいずれかによりバルクドーパされた単結晶であることが好ましい。（ここで使用されるように、ドーパントの“導電型”はn型またはp型のいずれかを意味する。いくつかの例において、反対の導電型のドーパントが使用され、既に存在しているものとは反対の導電型のドーパントを意味する。）ウェハは例えば単結晶のシリコンであり、バルクドーピング不純物はn型リンまたはp型硼素である。

【0008】最初のウェハ50は32でイオン注入によってまずドーパされ、ドーパントは最初のウェハ50のバルクドーパントと反対の導電型である。すなわち、最初のウェハ50がp型ドーパントでドーパされた場合、n型ドーパントは第1のイオン注入32において使用される。最初のウェハ50が実質的にドーパされない場合、いずれかの導電型のドーパントが第1のイオン注入32で使用される。第1のドーピングは、イオンビーム注入等のイオン注

5

入技術により達成されることが好ましいが、その他の使用可能なドーピング技術もまた許容可能である。

【0009】好ましいイオン注入は、第1の表面層52においてイオンを付着させ、バルクの導電型のドーピングのバルク領域54を残す。図4のbは、第1のイオン注入を実施された構造を概略的に示す。第1の表面層52の深さまたは厚さは、注入されたイオンの粒子およびエネルギーに依存している。シリコン中にn型のリンを注入する典型的な場合において、100Kev（1000電子ボルト）の注入電圧は、約0.18マイクロメートルの厚さに第1の表面層52を生成する。第1のイオン注入におけるイオン合計量は適度なレベルであり、典型的に1cm<sup>2</sup> 当り約10<sup>13</sup>乃至10<sup>15</sup>イオンの範囲である。イオン注入は2つの効果を有する。第1に、それは第1の表面層52にイオンを注入する。第2に、それはエネルギーを帯びたイオンの衝突のために第1の表面層52に欠陥構造を生成する。欠陥構造は、主にそれらの通常の格子位置から変位された原子の局所的な欠陥からなる。

【0010】イオン注入等による第1のドーピング後、ウェハは34において欠陥構造を取除くためにアニールされる。ほぼ欠陥のない第1の表面層52およびほとんど不変のバルク領域54を有する結果的なウェハが図4のcに示されている。アニール処理は欠陥構造を取除くが、第1のイオン注入されたドーパントのウェハのバルク中への余分の拡散を生じさせない程度の温度で十分に長い時間にわたって実行される。イオン注入されたシリコンに対する典型的なアニール処理は、1000℃で30分間窒素気体中で実施される。

【0011】アニールに続いて、ウェハはステップ36においてイオン注入によって第2のドーブを実施されることが好ましい。第2のイオン注入36は、第1のイオン注入32と同じイオン（ドーパント）導電型を使用することが好ましいが、必須ではない。第2のイオン注入36は、1以上の、好ましくは2つの重要な点において第1のイオン注入32と異なっている。第2のイオン注入は第1のイオン注入より低い量でなければならない、第1の注入よりかなり低い合計量であることが好ましく、大きさで2桁以上低いことが非常に好ましい。例えば、第1のイオン注入32が1cm<sup>2</sup> 当り 5×10<sup>14</sup>イオンの合計量を有する場合、第2のイオン注入36は1cm<sup>2</sup> 当り5×10<sup>12</sup>以下の量であることが望ましい。第2に、第2のイオン注入36は第1のイオン注入32より低いエネルギーであることが好ましいが、必須ではない。低い注入エネルギーは、第1の表面層52より薄い（浅い）第2の表面層56を生成する。第2のイオン注入36における低い注入エネルギーの使用は、この第2の量のイオンが前に処理された第1の表面層52内に完全に位置することを確実にする。例として、第1のイオン注入のイオン注入エネルギーが100Kevである場合、第2のイオン注入のイオン注入エネルギーは約80Kevのような100Kevより小さい大きさである。

6

【0012】第2のイオン注入36が終了した後、第2の表面層56は第1のイオン注入および第2のイオン注入の合計量を受け取っているため、第1のイオン注入の後、第2の表面層56は第1の表面層52のものより少し高い濃度を有する。第2のイオン注入量は第1のイオン注入量より著しく小さいため、差は大きくない。第2の表面層52はまた第2のイオン注入後に欠陥構造を有する。欠陥構造は実質的に十分に形を定められており、1乃至数回の事象等の少数の熱的に活性化された固体状態拡散事象によって取除かれることができる局所的な短距離の不安定な欠陥を主に含んでいる。第2のイオン注入の量が低く、そのイオン注入エネルギーは低いことが好ましいため、欠陥構造は第1のイオン注入後（しかしアニール34の前）より第2のイオン注入後のほうが密度が低い（単位容積当り数個の欠陥）。図2に示されている処理されたウェハを試験ウェハ58と呼ぶ。再び図1を参照すると、試験ウェハ58はステップ22において測定されるべきある未知の温度に加熱され、この温度はステップ34のアニール温度より低い。炉中に試験ウェハを配置する等によって試験ウェハ全体を均一に加熱するか、或はプラズマ加熱のように試験ウェハの表面領域を優先的に加熱することによって加熱が行われる。未知の温度に加熱した後、試験ウェハ58の電気的な表面比抵抗がステップ24において測定される。任意の利用可能な比抵抗測定技術が利用されてよい。4点抵抗プローブが好ましい。このような4点抵抗測定は良く知られており、他の環境において広く使用されている。

【0013】試験ウェハが加熱される未知の温度の値は、ステップ26において比抵抗測定、特に比抵抗の変化から決定される。決定は、図3に示されているような較正工程によって行われることが好ましい。較正工程を実施するために、ステップ40において図2に関連して説明されたものと同じプロセスおよび値を使用して一連のウェハが試験ウェハと同様に処理される。較正シリーズのウェハは、好ましくは一連の炉熱処理で一連の既知の温度に加熱される。すなわち、この一連の第1のウェハは第1の温度に加熱され、第2のウェハは第2の温度に加熱され、以下同様に加熱される。その後、一連のウェハの個々の電気的な表面比抵抗は、好ましくはステップ40および24において使用されたものと同じ工程によってステップ44において測定される。ステップ46において、比抵抗と温度との間に較正関係が形成される。較正関係を形成するために、ステップ40および44で測定されたような各ウェハの表面比抵抗の間の差が計算される。この差は、ウェハがステップ42において加熱された温度に関連している。

【0014】較正関係を表す最も便利な方法は、式またはグラフのいずれかによる。図5は、ウェハが加熱された既知の温度の関数としての比抵抗差のグラフである。この関係は直線的であり、示された直線的な関係で表さ

れる。図5の情報は、続いて説明されるべき本発明の実施例に対する変形において明らかになった。

【0015】図5は、ある温度に加熱する前後においてウェハの比抵抗差間にある関係が存在していることを示す。図5は、ステップ24および26において未知の温度に加熱するために測定される比較可能な比抵抗差と共に使用される。試験ウェハに対して、未知の温度に加熱した前後に測定された比抵抗の比抵抗差が計算され、未知の温度を決定するために図5の関係と共に使用される。

【0016】本発明の温度測定は、第1のイオン注入およびアニールによって前に処理された層の中に第2のイオン注入中に生成された欠陥の除去に基づいている。欠陥の除去は一般に拡散制御されたプロセスであるため、温度のみまたは温度と時間のある関数のどちらを測定するかという問題が生じる。測定が未知の温度に対してのみ行われたことを確認するために、炉中で300℃の温度にウェハのグループを加熱し、経時的に炉からウェハを1つずつ取り出すことによって検討が行われた。比抵抗差が決定され、温度に対する時間の関数として図6に示されている。検討された時間の範囲内において、比抵抗差は時間によって非常に僅かしか影響を受けない。したがって、本発明の方法はウェハが上昇した温度に維持される時間と全く無関係ではないが、それはほぼ完全に温度の関数である。この結果は、ウェハが上昇した温度に加熱されたときに、第2のイオン注入によって生成させられた点状の欠陥を全滅するために必要とされる短い拡散距離のためであると考えられる。

【0017】ここに説明された方法は、一人の利用者によって全体的に実行されることができる。その代わりとして、試験ウェハは図5に示されたようなウェハの較正関係と共にベンダーによって処理されることができる。ベンダーは消費者が使用する試験キットとして試験ウェハおよび較正関係を提供する。消費者にとって、試験ウェハの表面比抵抗を測定し、未知の温度に試験ウェハを加熱し（処理されているマイクロ電子装置のバッチの中に試験ウェハを配置すること等によって）、加熱後に表面比抵抗を測定し、較正関係を使用することだけが必要である。その代わりとして、試験ウェハの第1の比抵抗測定がベンダーによって行われることができるが、比抵抗測定装置のために生じる可能性のある任意の計器エラーを除去するために消費者がそれを行うほうが好ましい。

【0018】本発明はここに示された好ましい方法にしたがって実施されている。試験ウェハおよび一連の較正ウェハが処理された。最初のウェハは、各場合において100オームcmより大きい比抵抗を有するp型シリコンであった。第1のイオン注入32は1cm<sup>2</sup> 当り5×10<sup>14</sup>イオンの量のリンおよび100Kevの注入電圧を使用した。アニールステップ34は、窒素気体中において1000℃で30分の間行われた。第2のイオン注入36は1cm<sup>2</sup> 当り1×10<sup>12</sup>イオンの量のリンおよび80Kevの注入電圧を使用した。これらの試験ウェハの表面比抵抗が測定され、1cm<sup>2</sup> 当り約209オームであることが認められた。較正ウェハは、200℃乃至500℃で1乃至30分間炉中で一連の温度に加熱された。表面比抵抗および既知の温度への加熱の前後の表面比抵抗の差が測定された。この差は、図5において温度に対して表されており、較正関係を示す。

【0019】このバッチからの試験ウェハは、炉中で未知の温度に加熱された。加熱後の表面比抵抗が測定され、比抵抗の差が計算され、図5の較正関係が未知の温度を決定するために使用された。未知の温度はまた温度ストリップおよび熱電対によって確認された。ウェハの汚染等の問題は重要ではないため、これらの温度確認技術は、ここにおいて本発明の有効性を示すために使用されたことが認められる。このような技術は、ウェハまたは真空システムを汚染するため、多くの製造状況での温度測定に許容できず、或はその他の理由のために許容できない。

【0020】本発明の特定の実施例が説明のために詳細に示されてきたが、本発明の技術的範囲を逸脱することなく種々の修正が可能である。したがって、本発明は添付された特許請求の範囲を除いて何等限定されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を実行するための処理フロー図。

【図2】試験ウェハを処理するための処理フロー図。

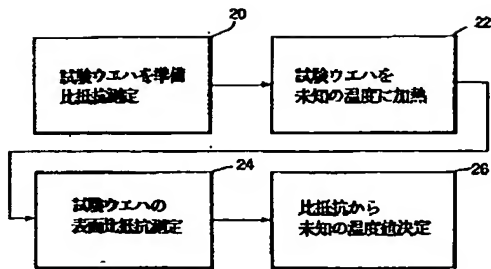
【図3】比抵抗測定から未知の温度を決定するための処理フロー図。

【図4】温度測定において使用される種々の処理段階における1組の試験ウェハの概略図。

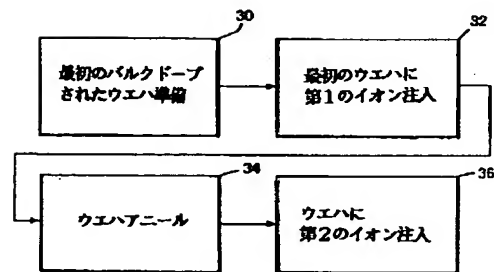
【図5】温度の関数としての比抵抗の変化を示したグラフ。

【図6】一定温度における時間の関数としての比抵抗の変化を示したグラフ。

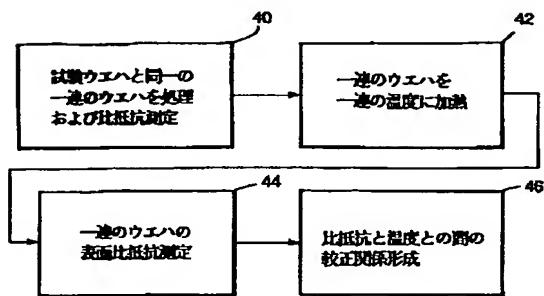
【図1】



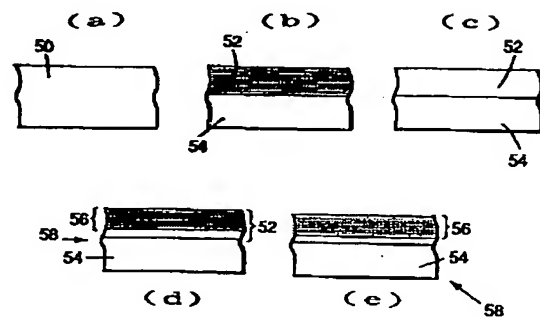
【図2】



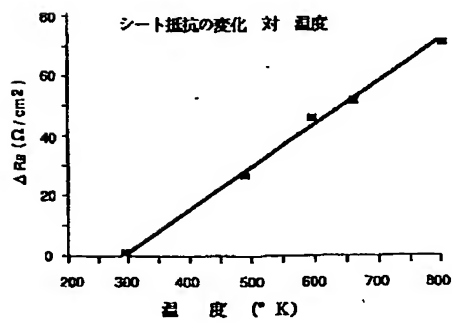
【図3】



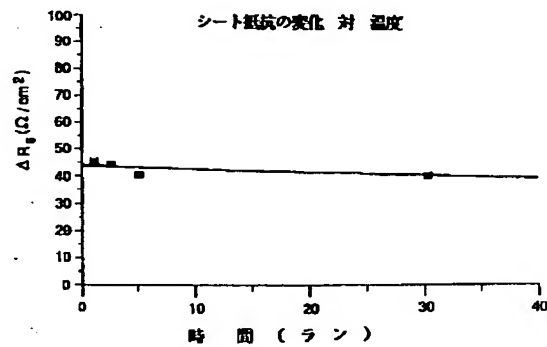
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 フレッド・シー・セッション  
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
 92007、カーディフ、エバーグリーン・ド  
 ライブ 1321